

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

14 MAI '01 07:59 ROFIN SINAR LASER 49 40 73363250

S.1

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

P99 0638 WD

> Dr. Körtel

PUBLICATION NUMBER : 09312430
PUBLICATION DATE : 02-12-97

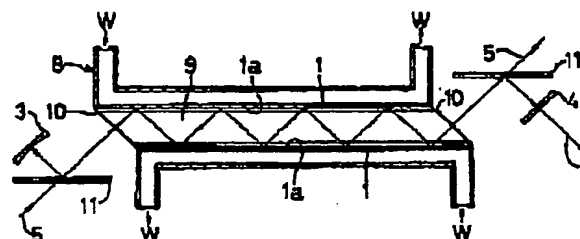
APPLICATION DATE : 22-05-96
APPLICATION NUMBER : 08126915

APPLICANT : LASER GIJUTSU SOGO KENKYUSHO;

INVENTOR : YAMANAKA CHIYOE;

INT.CL. : H01S 3/042 H01S 3/08 H01S 3/08
H01S 3/094 H01S 3/16

TITLE : ZIG-ZAG SLAB SOLID-STATE LASER
AND AMPLIFIER



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a solid-state laser which can generate a strong laser beam by removing the restriction on cooling means about its mounting direction in a prior art zig-zag optical-path solid-state laser to increase the absorption efficiency of its stimulating laser beam.

SOLUTION: A laser medium part provided by melting thin solid-state laser media 1 on both parallel planar sides of a solid-state laser base material 9 is disposed between reflecting mirrors 3 and 4, so that an exciting laser beam 5 is externally introduced through a beam splitter 11, advanced in a zig-zag manner, and then absorbed into the laser media 1 for photo excitation. At this time, heat generated in the laser media 1 is efficiently removed by a cooling means 8 provided contacted with the media 1 to avoid generation of thermal lens effect and thermal birefringence effect.

COPYRIGHT: (C)1997.JPO

Keine Abb. Elemente für Pumpstrahl

Kollinear

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-312430

(43) 公開日 平成9年(1997)12月2日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/042		H 0 1 S 3/04	L
	3/06		3/06	
	3/08		3/16	
	3/094		3/08	Z
	3/16		3/094	S

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平8-126915

(22) 出願日 平成8年(1996)5月22日

(71) 出願人 591114799

中井 貞雄

大阪府茨木市北春日丘3-6-45

(71) 出願人 591114803

財団法人レーザー技術総合研究所

大阪府大阪市西区羽本町1丁目8番4号

大阪科学技術センタービル内

(72) 発明者 中井 貞雄

茨木市北春日丘3丁目6番45号

(72) 発明者 井澤 靖和

吹田市山田丘2番6号 大阪大学レーザー

核融合研究センター内

(74) 代理人 井理士 飯田 文二 (外2名)

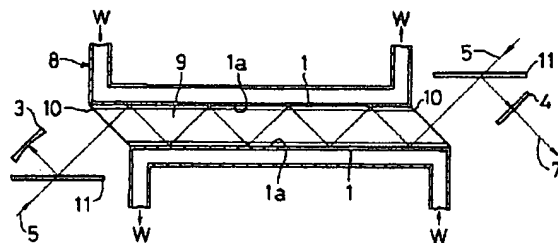
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ジグザグスラブ固体レーザー及び増幅器

(57) 【要約】

【課題】 従来のジグザグ光路固体レーザーにおける冷却手段の取付方向による制約を取り除き、かつ励起用レーザー光の吸収効率を増大させて強力なレーザー光を発生し得る固体レーザーを提供する。

【解決手段】 固体レーザー母材9の平行平面の両側に薄い固体レーザー媒質1を融着して設けたレーザー媒質部を反射ミラー3、4の間に配置し、ビームスプリッタ11を介して励起用レーザー光5を外部から導入し、固体レーザー母材9内をジグザグ進行してレーザー媒質1に吸収させて光励起を行わせる。その際レーザー媒質1で生じる熱を接合して設けられている冷却手段8で効率よく除去し、熱レンズ効果と熱複屈折効果が生じないようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性イオンがドーパされた固体レーザ媒質をスラブ固体レーザ母材の平行面の両側に融着させレーザ媒質の融着面と反対面を反射面としたレーザ媒質部を、このレーザ媒質部で発生するレーザ光を増幅する一対の反射ミラーから成る光共振器内に配置し、かつ上記レーザ媒質部のレーザ母材と反対面に冷却手段を接して設け、上記レーザ母材が有する入出力端面から励起用レーザ光をレーザ母材内に導入して上記レーザ媒質で励起されたレーザ光と励起用レーザ光を上記レーザ媒質の反射面で反射しジグザグ進行させて励起・増幅されたレーザ光を光共振器内でさらに増幅しその、出力ミラーから出力するように構成して成るジグザグスラブ固体レーザ。

【請求項2】 活性イオンがドーパされた固体レーザ媒質をスラブ固定レーザ母材の平行平面の両側に融着させレーザ媒質の融着面と反対面を反射面としたレーザ媒質部に、上記レーザ母材と反対面に冷却手段を接して設け、レーザ母材が有する入出力端面からレーザ励起光をレーザ母材内に導入して上記レーザ媒質で励起されたレーザ光と励起光を上記レーザ媒質の反射面で反射しジグザグ進行させて励起・増幅させるように構成して成るジグザグスラブ固体レーザ増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体レーザを用いて励起され所定波長のレーザ光を発生させるジグザグスラブ固体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザ（以下LDと略記）励起ジグザグ光路固体レーザの一例として、例えば学術誌「Applied Physics B誌」の58巻、1994年、365-372頁（ドイツ）に記載されたものが公知である。この従来例を図2に示す、図において、Yb活性イオンを約20at%ドーパした準3準位のYb:YAGレーザ媒質1を直径7mm、厚さ0.35mmの薄い円盤状の平行平板として加工し、この円盤状のレーザ媒質1の複数枚を冷却板2上に図示の如く互いに少しずつ位置をずらして上、下に2枚、3枚と合計5枚が平行に対向配置されている。

【0003】上記レーザ媒質1のそれぞれは、入射面に波長940nmの励起用レーザ光とこれにより励起されて生じる波長1030nmのYb:YAGレーザ光に対して反射防止（AR）コートが施され、反射面には波長940nmと1030nmで高反射率（HR）のコートが施されている。そして、それぞれのレーザ媒質1を図2に示す5と6の方向より励起用レーザ光により5~10kW/cm²の強度で強光励起し、励起された波長1030nmのレーザ光が各レーザ媒質間をジグザグ方向に反射されて進行し、光路端に設けたそれぞれ凹面鏡と

部分透過平面鏡とを用いた反射ミラー3、4により構成した光共振器内で増幅された後cw450w程度のレーザ出力光7として一方の反射ミラー4から取り出すことができる。

【0004】なお、一般に5は図2の紙面の表より裏の方向へ、6は逆に紙面裏より表へ向いて励起される。8は銅製の冷却板2の裏面から水wで冷却する冷却手段であり対向配置された冷却板2の裏側に接して設けられている。従って、励起用レーザ光によりレーザ媒質1内でレーザ光が励起される際に発生した熱は、レーザ媒質1の反射面が密着されている冷却板2を介して冷却水wにより効率良く取り除かれる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の方式の固体レーザ装置の構成のままで、固体レーザ媒質内でレーザ光が励起される際に発生する熱は銅製冷却板の一方向しか取り除けず、直接固体レーザ媒質を水冷しようとする冷却部の構成が複雑になるという問題があった。

【0006】さらに、固体レーザ媒質を上下2つの方向より励起用レーザ光で励起して発生したレーザ光が反射ミラーで再び折り返して進行する際にそれぞれの薄いレーザ媒質での水冷却による熱吸収効率を増すためには、励起用レーザ光に対する反射ミラーの配置が極めて困難となる。

【0007】この発明は、かかる従来のジグザグ光路固体レーザにおける問題点に留意し、レーザ光による励起を容易にかつ高効率化すると共に、励起用レーザ光で励起された固体レーザ媒質から高効率に熱除去をすることのできるジグザグスラブ固体レーザを提供することを課題とする。

【0008】又、第2の発明は第1の発明により得られる固体レーザと同様に高効率にLD励起して得られる装置をレーザ増幅器としても利用し得る固体レーザ増幅器を提供することを第2の課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明は、上記第1の課題を解決する手段として、活性イオンがドーパされた固体レーザ媒質をスラブ固体レーザ母材の平行面の両側に融着させレーザ媒質の融着面と反対面を反射面としたレーザ媒質部を、このレーザ媒質部で発生するレーザ光を増幅する一対の反射ミラーから成る光共振器内に配置し、かつ上記レーザ媒質部のレーザ母材と反対面に冷却手段を接して設け、上記レーザ母材が有する入出力端面から励起用レーザ光をレーザ母材内に導入して上記レーザ媒質で励起されたレーザ光と励起用レーザ光を上記レーザ媒質の反射面で反射しジグザグ進行させて励起・増幅されたレーザ光を光共振器内でさらに増幅しその、出力ミラーから出力するように構成して成るジグザグスラブ固体レーザとしたのである。

【0010】又、第2の発明は、上記第2の課題を解決する手段として、活性イオンがドーパされた固体レーザ媒質をスラブ固定レーザ母材の平行平面の両側に融着させレーザ媒質の融着面と反対面を反射面としたレーザ媒質部に、上記レーザ母材と反対面に冷却手段を接して設け、レーザ母材が有する入出力端面からレーザ励起光をレーザ母材内に導入して上記レーザ媒質で励起されたレーザ光と励起光を上記レーザ媒質の反射面で反射しジグザグ進行させて励起・増幅させるように構成して成るジグザグスラブ固体レーザ増幅器としたのである。

【0011】上記第1の発明の固体レーザは、光共振器の反射ミラーとレーザ媒質部との間から励起用レーザ光がレーザ母材の入出力端を介して内部に導入され、この励起用レーザ光がジグザグ進行して固体レーザ媒質に吸収されると自然放出によりレーザ光が立上る。このレーザ光は励起用レーザ光と波長が異なり、かつ固体レーザ媒質の材料によって決まる所定波長のレーザ光として得られる。

【0012】レーザ媒質部で発生したレーザ光は、固体レーザ母材内を励起用レーザ光と同一方向にジグザグに反射しながら進行し、励起用レーザ光で次々と励起された領域でレーザ光が重畳されることによりレーザ媒質内で増幅される。増幅されたレーザ光は、固体レーザ母材から出射され、上記励起用レーザ光の入射側と反対側の境界面で反射又は反射ミラーで反射されて再び固体レーザ母材内に入りジグザグ進行して励起用レーザ光の入射側と同じ側の境界面又は反射ミラーへ達し、そこでさらに反射され以後同じ作用を繰り返す。

【0013】上記のようにして発生したレーザ光が光共振器内を往復して次第に増幅され光強度が定常状態に達すると、一方の反射ミラーからレーザ光出力として取り出される。このようにしてレーザ光を取り出す際に、この発明の固体レーザでは固体レーザ媒質に直接接し又は接合して冷却手段が設けられているから固体レーザ媒質内で生じる熱を高効率に除去できる。

【0014】励起用レーザ光が固体レーザ媒質に吸収されてレーザ光を発生する際に生じる熱は、固体レーザ媒質に接する固体レーザ母材内部と冷却手段の両方向へ移動する。従って、冷却手段が接する側では直接的に、又母材内へ移動した熱は反対側の固体レーザ媒質に接する冷却手段により間接的に除去される。このため、熱複屈折効果及び熱レンズ効果が殆んど生じないのである。

【0015】

【実施の形態】以下、この発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0016】図1は実施形態のジグザグスラブ固体レーザの主要断面図を示す。この実施形態の固体レーザは、半導体レーザ(LD)のレーザ光で励起され高c.w.(連続)出力で高品質ビームのレーザ光を得るのに適している。

【0017】図において、1は固体レーザ媒質、9はスラブ固体レーザ母材、3、4は光共振器を構成する反射ミラー、5は外部から導入される励起用レーザ光、8は冷却手段、10は固体レーザ母材の入出力面、11はビームスプリッタである。

【0018】固体レーザ媒質1は、固体レーザ母材9と同一の光透過性の材料に高濃度の活性イオンがドーパされたものであり、この実施形態ではYAG(イットリウムアルミニウム ガーネット)結晶を母材としこれにYb(イッテルビウム)を例えば20at%添加したものが用いられている。添加する活性イオンとしてはこの外に、Er、Ho、Tm等準3準位レーザ用希土類元素のいずれとしてもよいし、又母材に他の適宜材料を用いてもよい。なお、固体レーザ母材9には活性イオンはドーパされていない。

【0019】上記固体レーザ母材9は光透過性の幅の狭い平行平板として形成して平行平板スラブと成し、その平行な両面に薄い(例えば0.35mm)固体レーザ媒質1が融着されている。又、固体レーザ媒質1の外側面にはレーザ光に対する高反射(HR)コートが施されており、又は境界面での全反射現象を利用し、この反射面でレーザ光を全反射させる。

【0020】上記固体レーザ母材9と薄い固体レーザ媒質1から成るレーザ媒質部の外側にはその両面の全面に亘って冷却手段8が直接接合され又は接している。冷却手段8は、直接水又は例えば銅製の2枚の冷却板の間に冷却水wを流通できるように形成されている。

【0021】又、上記レーザ媒質部は光共振器の反射ミラー3、4間に配置されている。反射ミラー3は、凹面鏡、反射ミラー4は部分透過平面鏡から成る。そして、上記レーザ媒質で励起されたレーザ光が一方の反射ミラー3で反射され、出力ミラーである反射ミラー4から出力されるそれぞれの光路の途中にビームスプリッタ11が設けられており、外部で発生したレーザ光を励起用レーザ光5として左右のビームスプリッタ11から導入し、固体レーザ母材9の入出力面10から内部へ導入するように構成している。

【0022】上記入出力面10は入射光に対してブルースタ角又は直角に近い角度に形成され、入出力面自体は平面とされている。入出力面10が垂直又は斜め入射形状の場合は、励起用レーザ光5及びレーザ光7に対して反射防止(AR)コートが施されている。又、ビームスプリッタ11はその内面側に励起用レーザ光5に対してはARコート、レーザ光7に対しては高反射(HR)コートが施されている。

【0023】上記の構成とした実施形態のジグザグスラブ固体レーザは次のように作用して高品質のレーザ光が得られる。

【0024】外部からの励起用レーザ光5が左右のビームスプリッタ11を介して光共振器内の光路に導入され

ると、この励起用レーザー光は固体レーザー母材9の入出力面10から内部へ入り、母材9内を進んで固体レーザー媒質1に吸収され、そこでレーザー光が発生する。

【0025】上記励起用レーザー光は一部が固体レーザー媒質1の反射面1aで全反射され、母材9内を通り反対側の固体レーザー媒質1に至り、そこで再び固体レーザー媒質1に吸収されてレーザー光が発生すると共にその励起用レーザー光の一部が固体レーザー媒質1の反射面1aで反射され、これを繰り返して励起用レーザー光は固体レーザー媒質部内をジグザグに進行する。

【0026】又、上記励起用レーザー光で励起されたレーザー光も励起用レーザー光と同じ方向にジグザグに進行し全反射を繰り返しながら増幅され、さらに固体レーザー母材9を出てビームスプリッタ11で反射され（図1の右側のビームスプリッタ11から入射された励起用レーザー光で励起されたレーザー光の場合は）、反射ミラー3で（左側からの場合は反射ミラー4で）反射されて往路と同じ経路を戻り全反射を繰り返して反対側の反射ミラー4へ進み、そこで反射されて再び同じ経路をジグザグ進行し、正のフィードバックが行なわれる。

【0027】上記励起用レーザー光によるレーザー媒質の励起は左右両方向より行なわれ、固体レーザー媒質1を長さ方向に沿って均一に励起する。このように、同一光路を往復してレーザー光は次第に増幅され、レーザー強度は定常状態に達し部分透過平面鏡である反射ミラー4よりレーザー光7として取り出される。このレーザー光7に対しては、固体レーザー媒質1が薄いために理想的なスラブ固体レーザーとして作用する。なお、上記片方からの励起用レーザー光5は固体レーザー母材9内をジグザグ進行して反対側の反射ミラーで元の方向に戻し固体レーザー媒質1での励起用レーザー光5の吸収率を高めることもできる。

【0028】以上のようにして励起用レーザー光により固体レーザー媒質1内でレーザー光が発生する際に、上記実施形態のスラブ固体レーザー内に生じる熱は効率よく除去される。上述したように、固体レーザー媒質1内で発生する熱は、固体レーザー媒質1から外側と内側の固体レーザー母材9へと移動するから、外側に直接接合されている冷却手段8内の水により直接的に除去される。

【0029】又、固体レーザー母材9の内側へ流入した熱

は反対側の固体レーザー媒質1の外側の冷却手段8により間接的に除去される。従って、薄い固体レーザー媒質1において発生した熱は図1の上下方向に流れ、熱複屈折効果の発生を防ぎ、又ジグザグ全反射によって熱レンズ効果が補償される。

【0030】なお、上記実施形態は、ジグザグスラブ固体レーザーの場合について説明したが、反射ミラー3、4を取り除き、発生するレーザー光と同一波長の弱い入射レーザー光をジグザグ通過させて光励起されているレーザー媒質で増幅するようにすれば、これをジグザグスラブ固体レーザー増幅器として用いることもできることは詳細に説明するまでもなく明らかであろう。

【0031】

【効果】以上詳細に説明したように、第1の発明のジグザグスラブ固体レーザーは、励起用レーザー光を固体レーザー母材内部から送って固体レーザー媒質に吸収され光励起させる際に生じる熱を平行平面で接する冷却手段で直接的かつ間接的に除去できるようにしたから、発生する熱を高効率に除去でき、高出力で高品質のレーザー光を達成できるという効果が得られる。又、励起用レーザー光と発生するレーザー光とを同一方向に伝搬するようにしているため構成が簡単になるという効果もある。

【0032】さらに、第2の発明のように第1の発明の光共振器を設けない構成のものをレーザー増幅器として用いれば、強力なレーザー増幅効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

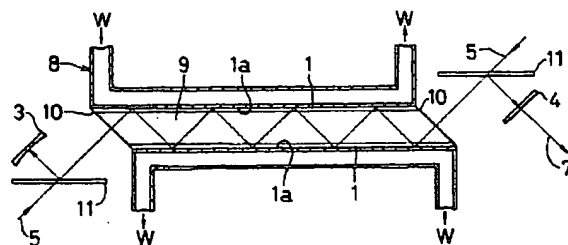
【図1】実施形態のジグザグスラブ固体レーザーの主要縦断面図

【図2】従来例のジグザグ光路固体レーザーの主要断面図

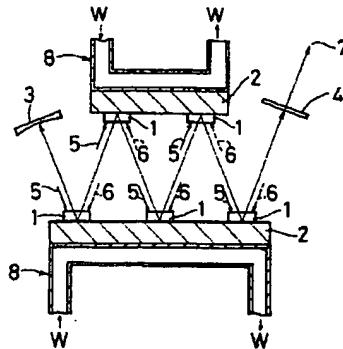
【符号の説明】

- 1 固体レーザー媒質
- 1a 反射面
- 3、4 反射ミラー
- 5 励起用レーザー光
- 7 レーザ光
- 8 冷却手段
- 9 固体レーザー母材
- 10 入出力面
- 11 ビームスプリッタ

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72) 発明者 中塚 正大

吹田市山田丘2番6号 大阪大学レーザー
核融合研究センター内

(72) 発明者 山中 正宣

吹田市山田丘2番6号 大阪大学レーザー
核融合研究センター内

(72) 発明者 山中 千代衛

大阪市西区靱本町1丁目8番4号 財団法人
レーザー技術総合研究所内

DOCKET NO: MOH-9990338

SERIAL NO: 10/016, 864

APPLICANT: Ludewigt et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100